Розроблено спосіб та відповідну схему пристрою, які дозволяють у оперативному режимі впливати на кінематичні характеристики транспортного потоку з метою забезпечення безпеки руху пасажирських маршрутних транспортних засобів на ділянках доріг другої технічної категорії. Запропоновані граничні умови застосування наведеного критерію, який був експериментально перевірений

Ключові слова: потік транспортний, транспорт пасажирський, спосіб управління, безпека руху

Разработан способ и соответствующая схема устройства, которые позволяют в оперативном режиме влиять на кинематические характеристики транспортного потока с целью обеспечения безопасности движения пассажирских маршрутных транспортных средств на участках дорог второй технической категории. Предложены граничные условия применения приведенного критерия, который был экспериментально проверен

Ключевые слова: поток транспортный, транспорт пассажирский, способ управления, безопасность движения

УДК 656.13.05

ТЕХНОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ РУХОМ ПАСАЖИРСЬКИМ МАРШРУТНИМ ТРАНСПОРТОМ З ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ

С. Ю. Попов
Аспірант
Кафедра «Транспортні технології»
Автомобільно-дорожній інститут
Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»
вул. Кірова, 51, м. Горлівка, Донецька область, Україна, 84637
E-mail: spopov@i.ua

1. Вступ

З'ясовано, що кількість ДТП з пасажирськими маршрутними транспортними засобами на дорогах другої категорії складає 8% від загальної кількості ДТП на вказаних дорогах [1, 2]. Доля маршрутного транспорту в транспортному потоці, який рухається ділянкою дороги другої категорії, складає 9 % [1, 2].

Для такої кількості пасажирського маршрутного транспорту в транспортному потоці відсоток ДТП є дуже значними. Кількість постраждалих та загиблих на одне ДТП суттєво відрізняється в більшу сторону від ДТП з іншими типами рухомого складу автомобільного транспорту, ДТП з вказаними транспортними засобами на дорогах другої технічної категорії мають максимальну тяжкість, яка за сучасними дослідженнями викликану значними швидкостями руху.

Вищенаведене вказує на актуальність обраного напрямку наукового дослідження.

2. Основна частина

Розроблений критерій оцінки безпеки руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на дорогах другої категорії [3, 4] можливо застосувати в межах розробки технологій з попередження виникнення ДТП за участю вказаних транспортних засобів:

$$K_m = \left[\frac{\left(\sqrt{\frac{1}{2\bar{t}^2} \cdot + \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{1}{l_i} \right)^2 \cdot \left(\frac{\bar{l}}{\bar{t}_p + \bar{t}_m} \right)^2} - \sqrt{\frac{\sigma_N^2 + \sigma_q^2 \cdot \sigma_{V_n}^2}{2}} \right)}{\sqrt{\frac{1}{2\bar{t}^2} \cdot + \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{1}{l_i} \right)^2 \cdot \left(\frac{\bar{l}}{\bar{t}_p + \bar{t}_m} \right)^2} \cdot \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (a_i v_i)^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (a_i)^2 \cdot \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} v_i - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} v_{m_i} \right)^2}{2}}} \cdot \sqrt{\sigma_L^2} \right] \times$$

$$\times \left(\sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (a_i v_i)^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (a_i)^2 \cdot \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} v_i - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} v_{m_i} \right)^2}{2}} - \sqrt{\frac{\sigma_k^2 + \sigma_a^2 \cdot \sigma_v^2}{2}} \right) \times \quad (1)$$

$$\times \left(\sqrt{\sigma_L^2} - \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left(\left| T_i \cdot v_i + \frac{v_i^2 - v_{m_i}^2}{2j_i} \right| - \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} \left| T_{m_i} \cdot v_{mi} + \frac{v_{m_i}^2 - v_i^2}{2j_{mi}} \right| \right) \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}},$$

де K_m - критерій оцінки безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту, од.; визначається у долях оди-

© С. Ю. Попов, 2013

ниці та з наближенням до одиниці фіксує максимальну безпека руху в умовах взаємодії сукупності пасажирських маршрутних транспортних засобів з транспортним потоком, при наближенні до нуля – безпека руху мінімальна;

В умовах взаємодії сукупності пасажирських маршрутних транспортних засобів з транспортним потоком, при наближенні до нуля – безпека руху мінімальна;

Для вказаної формули критерію необхідно додатково визначити деякі константи:

$\overline{t}_p$ - середній арифметичний час реакції водія транспортного засобу, що рухається другим, на його наближення до попереднього транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки дороги, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, с; відповідно до рекомендацій [5...9] приймаємо $\overline{t}_p = 0,7$ с для всіх точок розрахунку;

$\overline{t}_m$ - середній арифметичний час на виконання транспортним засобом маневру гальмування до рівності відповідних швидкостей руху на кожному кілометрі ділянки дороги, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, с; відповідно до рекомендацій [5...9] приймаємо $\overline{t}_m = 0,8$ с для всіх точок розрахунку;

$$T_i = t_{1_i} + t_{2_i} + 0,5 \cdot t_{3_i},$$

$$T_{m_i} = t_{1m_i} + t_{2m_i} + 0,5 \cdot t_{3m_i},$$

t_{1_i}, t_{1m_i} – час реакції водія відповідного транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки дороги, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, у момент часу проведення вимірювань, с; відповідно до рекомендацій [5...9] приймаємо $t_1 = 0,8$ с для всіх точок розрахунку, $t_{1m} = 1,4$ с для всіх точок розрахунку (водії маршрутних транспортних засобів мають більшу утому);

t_{2_i}, t_{2m_i} – час спрацювання гальмівної системи відповідного транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки дороги, у момент часу проведення вимірювань, с; відповідно до рекомендацій [5...9] приймаємо $t_2 = 0,3$ с для всіх точок розрахунку, $t_{2m} = 0,3$ с для всіх точок розрахунку (в середньому транспортні засоби кількісно рівно обладнані пневматичними та гідравлічними приводами гальм);

t_{3_i}, t_{3m_i} – час зростання сповільнення відповідного транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки дороги, у момент часу проведення вимірювань, с; відповідно до рекомендацій [5...9] приймаємо $t_3 = 0,6$ с для всіх точок розрахунку, $t_{3m} = 0,6$ с для всіх точок розрахунку (в середньому транспортні засоби формують вказаний час кількісно рівно відповідно до наявного коефіцієнта зчеплення 0,5...0,6);

$$T = t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 = 1,4 \text{ с},$$

$$T_m = t_{1m} + t_{2m} + 0,5 \cdot t_{3m} = 2,0 \text{ с},$$

j_i, j_{mi} – розрахункове сповільнення відповідного транспортного засобу на кожному кілометрі ділянки дороги, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, для забезпечення можливості руху з мінімальною дистанцією до попереднього транспортного засобу, м/с^2; відповідно до рекомендацій [5...9] приймаємо:

$j_{p1} = 5$ м/с^2, $j_{p2} = 3,5$ м/с^2, $j_{z1} = 5$ м/с^2, $j_{z2} = 3,5$ м/с^2 для всіх точок розрахунку;

$j_{mp1} = 6,5$ м/с^2, $j_{pm2} = 4$ м/с^2, $j_{mz1} = 6,5$ м/с^2, $j_{mz2} = 4$ м/с^2 для всіх точок розрахунку (в середньому транспортні засоби формують вказане сповільнення відповідно до наявного коефіцієнта зчеплення 0,5...0,6).

Розроблений критерій і метод його визначення можуть бути віднесені до області систем управління рухом транспортних засобів.

Вказані системи у якості вихідних даних оперують поточними значеннями параметрів руху окремих транспортних засобів та усередненими значеннями поточних характеристик транспортних потоків [5...9]. Тому, для забезпечення можливості застосування розробленого критерію, не тільки як опосередкованого критерію безпеки, але і як керуючої функції системи управління, необхідно сформулювати спосіб його поточного визначення.

Визначення поточних значень розробленого критерію оцінки безпеки руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту потребує відповідного зібрання вихідних даних, перелік, яких буде наступним:

- середнє квадратичне відхилення швидкості транспортного потоку від швидкості транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;
- середнє квадратичне відхилення інтенсивності транспортного потоку від інтенсивності транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;
- середнє квадратичне відхилення щільності транспортного потоку від щільності транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту (розрахункове значення);
- середнє квадратичне відхилення швидкостей руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення швидкості руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;
- середнє квадратичне відхилення прискорення руху транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення прискорення руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;
- середнє квадратичне відхилення „кінетичної енергії" транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини відносно середнього арифметичного значення „кінетичної енергії" транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;
- середнє квадратичне відхилення дистанцій транспортних засобів на кожному кілометрі ділянки дороги другої категорії, що обрана об'єктом експериментальних досліджень, відносно середнього арифметичного значення дистанцій пасажирських маршрутних транспортних засобів.

Для проведення розрахунків поточних значень критерію необхідно задати додатково ряд констант:

- середній арифметичний інтервал руху у транспортному потоці;
- значення інтервалу руху у просторі між транспортним засобом транспортного потоку та транспортним засобом пасажирського маршрутного транспорту;
- середній арифметичний інтервал руху у просторі між транспортним засобом транспортного потоку та

транспортним засобом пасажирського маршрутного транспорту;

- середній арифметичний час реакції водія транспортного засобу, що рухається другим, на його наближення до попереднього транспортного засобу;
- середній арифметичний час на виконання транспортним засобом маневру гальмування до рівності відповідних швидкостей руху;
- середня інтенсивність руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;
- середня щільність руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;
- середня швидкість руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;
- середнє прискорення руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту;
- середня дистанція руху перед транспортними засобами пасажирського маршрутного транспорту;
- час реакції водія транспортного засобу потоку та пасажирського маршрутного транспорту;
- час спрацювання гальмівної системи транспортного засобу потоку та пасажирського маршрутного транспорту;
- час зростання сповільнення транспортного засобу потоку та пасажирського маршрутного транспорту;
- розрахункові сповільнення транспортного засобу потоку та пасажирського маршрутного транспорту, для забезпечення можливості руху з мінімальною дистанцією до попереднього транспортного засобу.

Схема пристрою, що буде забезпечувати збір вихідних даних, обробку та спрямування керуючого впливу, зображена на рис. 1.

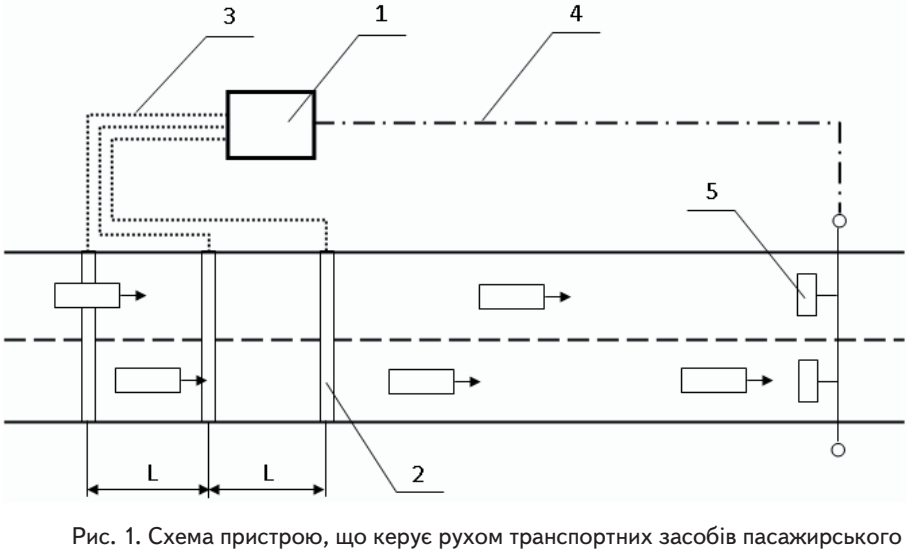

Рис. 1. Схема пристрою, що керує рухом транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту на основі розрахунку та відповідного порівняння поточних значень розробленого критерію оцінки безпеки руху вказаних транспортних засобів

де 1 – електронно-обчислювальний блок; 2 – детектори транспорту, по три на кожну смугу руху ділянки дороги другої категорії; 3 – комунікаційні з'єднання детекторів транспорту з електронно-обчислювальним блоком; 4 – комунікаційні з'єднання електронно-обчислювального блоку з керованими дорожніми знаками над смугами руху ділянки дороги другої категорії.

Алгоритм розрахунків для визначення запропонованого оціночного критерію безпеки руху має наступний зміст:

а) значення швидкостей послідовних транспортних засобів між першим та другим детекторами V_{1_i} та V_{2_i}, між другим та третім детекторами V'_{1_i} та V'_{2_i} на відповідних смугах руху визначаються за формулами:

$$V_{1_i}=\frac{L}{t_{1_i}},\ V_{2_i}=\frac{L}{t_{2_i}},\ V'_{1_i}=\frac{L}{t'_{1_i}},\ V'_{2_i}=\frac{L}{t'_{2_i}}, \qquad (2)$$

де L – відстань між сусідніми детекторами транспорту, м;

t – значення часу руху транспортних засобів за відповідними смугами між детекторами транспорту, с.

б) значення прискорень послідовних транспортних засобів за даними з трьох детекторів транспорту на відповідних смугах руху визначаються за формулами:

$$0_{1_i}=\frac{V'_{1_i}-V_{1_i}}{0{,}5\cdot\left(t'_{1_i}+t_{1_i}\right)},\ 0_{2_i}=\frac{V'_{2_i}-V_{2_i}}{0{,}5\cdot\left(t'_{2_i}+t_{2_i}\right)}; \qquad (3)$$

в) значення швидкостей транспортних потоків по відповідним смугам руху визначаються за формулами:

$$V_{п_1}=\frac{1}{2n_1}\sum\left(V_{1_i}+V'_{1_i}\right),\ V_{п_2}=\frac{1}{2n_2}\sum\left(V_{2_i}+V'_{2_i}\right), \qquad (4)$$

де n – кількість зібраних даних за смугами руху щодо швидкостей руху транспортних засобів за час Δt циклу оновлення показань на керованих знаках;

г) значення інтенсивностей руху транспортних потоків по відповідним смугам руху визначаються за формулами:

$$N_1=\frac{2n_1}{\sum\left(t_{1_i}+t'_{1_i}\right)},$$

$$N_2=\frac{2n_2}{\sum\left(t_{1_i}+t'_{1_i}\right)}; \qquad (5)$$

д) всі інші значення отримуються розрахунковим шляхом та вводяться як константи до блоку 1, де розраховується значення оціночного критерію безпеки руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту за (1);

е) проводиться порівняння отриманих поточних значень (1) продовж часу Δt циклу оновлення показань на керованих знаках зі значеннями розробленої шкали:

- у разі зменшення характеристики за 0,4 од. на керованих знаках вказується вимога заборони обгонів для маршрутних транспортних засобів, знак 3.25 з табличкою до дорожнього знаку 7.5.4 [10];

- у разі зменшення характеристики збільш 0,3 од. на керованих знаках вказується вимога заборони обгонів для маршрутних транспортних засобів, знак 3.25 з табличкою до дорожнього знаку 7.5.4, вимога рекомендованої швидкості 70 км/год. знак 5.30 з табличкою до дорожнього знаку 7.5.4, вимога руху з дотриманням дистанції не менш 60 м знак 3.20 з табличкою до дорожнього знаку 7.5.4 (константи отримані шляхом рішення зворотної задачі для (3.43)) [10].

3. Висновки

Розроблені спосіб та відповідна схема пристрою, які дозволяють у оперативному режимі впливати на кінематичні характеристики транспортних потоків з метою забезпечення безпеки руху пасажирських маршрутних транспортних засобів.

Література

1. Попов, С.Ю. Синтез макроскопічних характеристик взаємодії пасажирського маршрутного транспорту з транспортним потоком на дорогах другої категорії [Текст] / О.М. Дудніков, С.Ю. Попов // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник / АДІ ДВНЗ "ДонНТУ". – Горлівка, 2011. – № 2(13). – С.
2. Попов, С.Ю. Дослідження характеристик нерівномірності руху транспортного потоку відносно транспортного потоку пасажирського маршрутного транспорту на предмет оцінки ними безпеки руху [Текст] / С.Ю. Попов // «Восточно-Европейском журнале передовых технологий». – 2012. – №2/11(56). – С.15-29.
3. Попов, С.Ю. Синтез критерію оцінки безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на дорогах II категорії [Текст] / С.Ю. Попов // Автошляховик України: Науково-виробничий журнал / ДП „Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут". – К.: ТОВ „Спрінт - Україна", 2012. – № 3(227). – С. 20-24.
4. Попов, С.Ю. Експериментальна перевірка критерію оцінки безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на дорогах другої категорії [Текст] / С.Ю. Попов // Автошляховик України: Науково-виробничий журнал / ДП „Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут". – К.: ТОВ „Спрінт - Україна", 2012. – № 5(229). – С. 36-41.
5. Клинковштейн, Г.И. Організація дорожнього руху [Текст] / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьєв. - М.: Транспорт, 1992. - 207 с.
6. Хейт, Ф. Математическая теория транспортных потоков [Текст] / Ф. Хейт. – М.: Мир, 1966. – 285 с.
7. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими [Текст] / Д. Дрю – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
8. Вол, М. Анализ транспортных систем [Текст] / М. Вол, Б. Мартин. – М.: Транспорт, 1981. – 516 с.
9. Поліщук, В.П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху: навч. Посіб. [Текст] / В.П. Поліщук, О.П. Дзюба. – К.: Знання України, 2008. – 175 с.
10. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування: ДСТУ 4100-2002. – [Чинний від 01-01-2003]. – К.: Держстандарт України 2003. – 35 с.